

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-93167

(P2001-93167A)

(43) 公開日 平成13年4月6日 (2001.4.6)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テームコード\* (参考)

G 1 1 B 7/09  
7/135

G 1 1 B 7/09  
7/135

B 5 D 1 1 8  
Z 5 D 1 1 9

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-265712

(22) 出願日 平成11年9月20日 (1999.9.20)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 松井 勉

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外2名)

Fターム (参考) 5D118 AA14 AA20 BB06 BB07 CA11

CB03 CD02 CF05 DA03 DA20

5D119 AA14 BA01 BB05 DA01 DA05

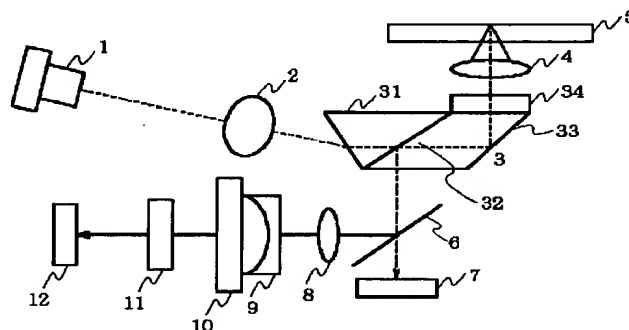
EC02 JA08 JA14 JA17 KA19

(54) 【発明の名称】 光ヘッドのフォーカス誤差検出方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 非点収差法のもつ温度特性が優れや経時劣化が少ないという特長を保持しつつ、トラッククロスによるフォーカス誤差信号への漏れ込み量 (変調) を低減し、ランド/グルーブの両者の記録再生特性の違い、とりわけデジタル記録におけるビットエラーレート特性を改善する。

【解決手段】 非点収差を発生させる光学系10とフォーカス誤差検出4分割センサ12の間に、2次元の光回折を起こす回折格子11を設けることによって、フォーカス誤差検出系への光ディスクのランド/グルーブからの回折光の影響を減ずることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非点収差を付加した光ビームを格子の回折により複数の光ビームに角度分岐し、角度分岐されなおかつ空間的に部分的に重なり合った複数の光ビームから 4 分割センサによるたすき掛けの差動検出によってフォーカス誤差信号を抽出することを特徴とする光ヘッドのフォーカス誤差信号検出方法。

【請求項 2】 前記複数の光ビームは少なくとも 3 本であり、3 本の光ビームの前記空間的および部分的な重なりは、少なくとも前記 3 本の光ビームのうちの中心に位置する光ビームに含まれる前記光ヘッドが有する光ディスクに情報を記録再生する対物レンズによって取り込まれた前記光ディスクのトラックからの +1 次回折光成分が、隣り合う光ビームに含まれる前記トラックからの -1 次回折光成分と重なり、かつ前記中心に位置する光ビームに含まれる前記トラックからの -1 次回折光成分が、前記隣り合う光ビームとは別なる隣り合う光ビームに含まれる前記トラックからの +1 次回折光成分とが重なることを特徴とする前記請求項 1 記載の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出方法。

【請求項 3】 光ディスクに情報を記録再生する対物レンズが捕捉した前記光ディスクからの反射光ビームに非点収差を付加する手段と、非点収差が付加された反射光ビームを回折する周期位相格子と、周期位相格子の回折によって角度分岐されなおかつ空間的に部分的に重なり合った複数の光ビームを受光し分割された 4 つの光検出器のたすき掛けの差動出力からフォーカス誤差信号を出力する 4 分割センサを備えることを特徴とする光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置。

【請求項 4】 前記周期位相格子の光を回折する回折方向が光ディスクの半径方向と接線方向としたことを特徴とする前記請求項 3 記載の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置。

【請求項 5】 前記請求項 3 の非点収差付加する手段が円筒レンズもしくは光軸に斜めに挿入された平板を含むことを特徴とする前記請求項 3 記載の光ヘッドのフォーカス誤差信号装置。

【請求項 6】 前記請求項 3 の非点収差付加する手段と前記周期位相格子とを一体としたホログラム素子で構成することを特徴とする前記請求項 3 記載の光ヘッドのフォーカス誤差信号装置。

【請求項 7】 前記請求項 3 の非点収差付加する手段が、凹レンズと円筒レンズもしくは光軸に斜めに挿入された平板とを含んで一体とし、前記周期位相格子が光軸方向に調整可能としたことを特徴とする前記請求項 3 記載の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置。

【請求項 8】 前記周期位相格子は井桁状の格子を平板の片面に形成したことを特徴とする前記請求項 3 及び 4 記載の光ヘッドのフォーカス誤差信号装置。

【請求項 9】 前記周期位相格子は直線状の格子を平板

の表裏に直交して形成したことを特徴とする前記請求項 3 及び 4 記載の光ヘッドのフォーカス誤差信号装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はランド／グループの両者に記録再生する相変化光ディスクもしくは光磁気ディスク装置の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出方法並びに検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ディスクの高密度の記録再生を行うために、記録トラックのランド部やグループ部だけではなく、その両方に記録を行うランド／グループ法が採られている。図 5 にランド／グループ記録再生光ディスクの構造を示す。図 5 (a) はディスクの平面図を、図 5 (b) は断面図を表す。ここではランド／グループのそれぞれの幅が  $0.6 \mu\text{m}$ 、ランド部分の高さが  $0.07 \mu\text{m}$  のものを例にとっている。光ヘッドの記録再生用の光ビームは図 5 (a) に示す下方の基板側から入射される。光ヘッドの記録再生ビームを光ディスクの特定トラックに常に焦点を合わせるサーボ機構はトラッキングサーボとフォーカスサーボであり、そのうちフォーカスサーボにおけるフォーカス誤差検出方法としては、非点収差法とナイフエッジ法（フーコー法）を改良したダブルナイフエッジ法が代表例である。

【0003】従来の非点収差法によるフォーカス誤差検出光学系の原理を示しているのが図 6 であり、光ディスク基板 100、対物レンズ 110、集束レンズ 120、円筒レンズ 130、4 分割光センサ 140 とから構成されている。図には、光ディスク基板への記録再生ビームが合焦点の場合 (b)、合焦位置よりディスク基板が近い場合 (a) および離れている場合 (c) と、併せてそれぞれの状態に対応した 4 分割光センサ上の光の強度分布を示す。ABCD に 4 つに分割したセンサの対角のエレメントの光電変換出力の和の差  $= (A + C) - (B + D)$  からフォーカス誤差信号を検出している。ダブルナイフエッジ法のフォーカス誤差検出光学系については図示しないが、一般的には非点収差法と同様 4 分割光センサが用いられており、同様のフォーカスエラー信号の検出を行っている。

【0004】非点収差法とダブルナイフエッジ法の長短を比較すると、第一にアライメントに対する余裕度の点、とくにフォーカスセンサの位置ずれに対する感度があげられる。図 6 (a) にダブルナイフエッジ法（実線）と非点収差法（波線）のフォーカスセンサの最適位置からのずれに対するフォーカス零クロスの変化を示す。フォーカス零クロス (FZ X) の定義を図 6 (b) に示す。4 分割センサの隣り合う検出器の出力の差である  $A - B$  出力と  $C - D$  出力を同時に出力した図を図 6 (b) 示す。ここで図中、X 字の交点となった部分が零であれば 4 分割センサの中心にビームが位置しているこ

とになる。この位置からビームもしくはフォーカスセンサがずれると図中、破線のようにA-B出力が変化し、フォーカス零クロス点に変化する。このずれをJとし、(A-B)信号の片側振幅をKとするとFZXは以下の関係式で表現できる。

$$FZX = J / K * 100 (\%)$$

ダブルナイフエッジ法でフォーカスセンサ上のビーム直径が30μmの場合、フォーカスセンサずれ1μmに対してフォーカス零クロスは10%となる。これに対して、非点収差法であるとフォーカスセンサ上100μmのビームスポットの場合、フォーカスセンサずれ10μmに対して、フォーカス零クロスが2%以下である。このことから、ダブルナイフエッジ法に比べて非点収差法はフォーカスセンサずれに対して安定している。このことは、非点収差法の方が温度安定性や経時劣化の点からダブルナイフエッジ法より優れていることを意味する。

【0005】そこで、従来の非点収差法によるフォーカス誤差信号を検出する光ヘッドによってランド/グループ記録をおこなった場合のフォーカスオフセットに対するビットエラーレート(BER)特性を図7に示す。

1, 7変調デジタル記録/PR1, 1再生をおこなった場合、ランドとグループのビットエラーレート最小のフォーカスオフセット点がずれ、さらにグループに比べてランドのビットエラーレート特性が劣化した結果となった。

【0006】また、トラッククロスによるフォーカス誤差信号への漏れ込みをここでは変調と呼ぶとすると、従来の非点収差法では、フォーカスオフセットの変調依存性がダブルナイフエッジ方法に比べて大きいという実験事実を得た。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、従来の非点収差法は大きな課題がある。本発明の目的は、従来の非点収差法のもつ温度特性が優れ、経時劣化が少ないという特長を保持しつつ、トラッククロスによるフォーカス誤差信号への漏れ込み量(変調)を低減し、ランド/グループの両者の記録再生特性の違い、とりわけデジタル記録におけるビットエラーレート特性を改善することにある。

【0008】本発明者は、このようなフォーカスオフセットに対する、ビットエラーレート特性のランド/グループの不一致と、トラッククロスによるフォーカス誤差信号への漏れ込み(変調)の不具合が生ずる原因は、ランド/グループのディスクからの回折パタンの変化とこれに応じたフォーカス誤差信号検出手段のかねあいから生じたものであることを突き止めた。すなわち、従来の非点収差法の4分割センサ140に到達するフォーカス誤差信号検出ビームを子細に見ると、図9に示すように、光ディスクのランドもしくはグループによる反射0次光200と同時に、対物レンズによってランドもしく

はグループによる反射+1次回折光201と反射-1次回折光202が取り込まれており、これらが、4分割センサ140の各センサA、B、C、Dに偏って配分されており、光電変換されたフォーカス誤差信号抽出時に、トラッククロス信号の回り込みとなって現れることが主因である。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出方法は非点収差を付加した光ビームを格子の回折により複数の光ビームに角度分岐し、角度分岐されなおかつ空間的に部分的に重なり合った複数の光ビームから4分割センサによるたすき掛けの差動検出によってフォーカス誤差信号を抽出することを特徴とする。また、本発明の請求項2に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出方法は、前記複数の光ビームは少なくとも3本であり、3本の光ビームの前記空間的および部分的な重なりは、少なくとも前記3本の光ビームのうちの中心に位置する光ビームに含まれる前記光ヘッドが有する光ディスクに情報を記録再生する対物レンズによって取り込まれた前記光ディスクのトラックからの+1次回折光成分が、隣り合う光ビームに含まれる前記トラックからの-1次回折光成分と重なり、かつ前記中心に位置する光ビームに含まれる前記トラックからの-1次回折光成分が、前記隣り合う光ビームとは異なる隣り合う光ビームに含まれる前記トラックからの+1次回折光成分とが重なることを特徴とする。また、本発明の請求項3に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置は、光ディスクに情報を記録再生する対物レンズが捕捉した前記光ディスクからの反射光ビームに非点収差を付加する手段と、非点収差が付加された反射光ビームを回折する周期位相格子と、周期位相格子の回折によって角度分岐されなおかつ空間的に部分的に重なり合った複数の光ビームを受光し分割された4つの光検出器のたすき掛けの差動出力からフォーカス誤差信号を出力する4分割センサを備えることを特徴とする。また、本発明の請求項4に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置は、前記周期位相格子の光を回折する回折方向が光ディスクの半径方向と接線方向としたことを特徴とする。また、本発明の請求項5に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置は、前記の請求項3の非点収差付加する手段が円筒レンズもしくは光軸に斜めに挿入された平板を含むことを特徴とする。また、本発明の請求項6に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置は、前記請求項3の非点収差付加する手段と前記周期位相格子とを一体としたホログラム素子で構成することを特徴とする。また、本発明の請求項7に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置は、前記請求項3の非点収差付加する手段が、凹レンズと円筒レンズもしくは光軸に斜めに挿入された平板とを含んで一体とし、前記周期

位相格子が光軸方向に調整可能としたことを特徴とする。また、本発明の請求項8に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置は、前記請求項3及び4記載の前記周期位相格子が井桁状の格子を平板の片面に形成したことを特徴とする。また、本発明の請求項9に係わる発明の光ヘッドのフォーカス誤差信号検出装置は、前記請求項3及び4記載の前記周期位相格子が直線状の格子を平板の表裏に直交して形成したことを特徴とする。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】本発明のランド／グループ記録再生用光ヘッドの基本構成を図1に示す。半導体レーザ1からの出射光は、コリメータレンズ2によって平行光とされ、楔プリズム31、偏光ビームスプリッタ32、45°ミラー33、1/4波長板34からなる複合プリズム3へ入射される。1/4波長板34を透過した光ビームは円偏光となり、対物レンズ4で集束され光ディスク5で合焦となり光ディスクから反射される。光ディスクからの反射光は逆順をたどり、偏光ビームスプリッタ32までもどるが、反射光は1/4波長板によって光ディスクに向かう光とは直交した偏光となっているため、ここで90度偏向され、ハーフミラー6を一部が透過し、2分割センサ7でプッシュプル法によるトラッキング誤差信号が検出される。この2分割センサ7の各エレメントの光電変換出力をE、Fとするとトラッキング誤差信号(TE)は、 $TE = E - F$ で抽出される。

【0011】前記のハーフミラー6によって反射され90度偏向したビーム成分は、収束レンズ8、凹レンズ9、円筒レンズ10を経てフォーカス誤差信号検出4分割センサ12へ至るが、本発明では、円筒レンズ10とフォーカス誤差信号検出4分割センサ12との間に、格子の方向が直交して設けられた直交回折格子11を配設してある。凹レンズ9は通常よく使われるように、収束レンズ8による焦点位置を延ばすために設けているものである。

【0012】収束レンズ8、凹レンズ9、円筒レンズ10を透過する光軸は1本であるが、直交回折格子11を透過すると、x、y方向に透過回折光を発生する。図2に直交回折格子11による透過回折の状態を図示する。本図では、高次の回折光を省略して、x、y方向に±1次の回折光と0次光の9ビーム出力の状態を表現している。フォーカス誤差信号検出4分割センサ12の受光面は、図3に示すように、分割十字線の中央に上記の0次(0, 0)光20が位置し、±1次光の4ビーム、すなわち(+1, 0)光21、(-1, 0)光22、(0, +1)光23、(0, -1)光24のが受光面によって受光されるように4分割センサが配置されている。ここでは、合焦の場合を表している。4分割センサ12のエレメントをA、B、C、Dとしたとき、フォーカス誤差信号(FE)は $FE = (A + C) - (B + D)$ によ

て、また、RF信号は $RF = A + B + C + D$ によって検出される。

【0013】格子ピッチで決定される透過回折光の回折角は次のように設定する。図4に直交回折格子11によって作られる5つのビームの4分割センサ12上の配置を、フォーカス誤差検出ビーム中に含まれる光ディスクのランド／グループによる反射回折光成分を含めて表す。図の分かりにくさを避けるために、5つのビームの重なった部分は描いてない。この図では、直交回折格子11による(+1, 0)光すなわちx方向+1次回折光21と(-1, 0)光すなわちx方向-1次回折光22を最前面に描き、(0, +1)光23と(0, -1)光24を最背面に、(0, 0)光20を最前面と最背面の中間に描いてある。この図に示すように、直交回折格子11を回折せずに透過した回折格子0次光成分20すなわち(0, 0)光20の中に含まれているランド／グループによる+1次反射回折光成分(図示してない)と(+1, 0)光21中に含まれているランド／グループによる-1次反射回折光成分21-bとが重なり、(0, 0)光20の中に含まれているランド／グループによる-1次反射回折光成分(図示してない)と(-1, 0)光21中に含まれているランド／グループによる+1次反射回折光成分22-aとが重なるように、直交回折格子11のx軸方向の格子ピッチを定める。また、y軸方向には(0, +1)光23や(0, -1)光24の中に含まれているランド／グループによる±1次反射回折光成分と(0, 0)光20中のそれとの重なりとの関係は持たせていないので、y軸方向の格子ピッチは任意でよいが、ここではx軸方向と同一としておく。

【0014】上記のような、回折格子11によってフォーカス誤差検出ビーム中に含まれる光ディスクのランド／グループによる反射回折光成分の重なりを設けることにより、(0, 0)光20中の光ディスクのランド／グループによる±1次の反射回折光成分は、(+1, 0)光21中の光ディスクのランド／グループによる-1次の反射回折光成分21-bと(-1, 0)光22中のランド／グループによる+1次の反射回折光成分22-aとによって干渉を介してそれぞれ振幅が減ぜられる。さらに図示していないが、(+1, 0)光21中の光ディスクのランド／グループによる+1次の反射回折光成分21-aは、その上の高次のx方向+2次の回折光中の光ディスクのランド／グループによる-1次の反射回折光成分によって、また、(-1, 0)光22中のランド／グループによる-1次の反射回折光成分22-bは、その上の高次のx方向-2次の回折光中の光ディスクのランド／グループによる+1次の反射回折光成分に自動的に重なり、重なった光波成分によって干渉を介してそれぞれ振幅が減ぜられる。一方直交回折格子によるy軸方向+1次の回折光23および-1次の回折光24とは0次光20中の光ディスクのランド／グループによるの

反射回折光成分とは重なりを持っていない。これらの回折光成分は、4分割センサの(A+C)と(B+D)間の受光光量のバランスをあたえ、S字を成すフォーカス誤差信号の正負の振幅の対称を保証する。

【0015】干渉による振幅の減少は次のように解釈される。光ディスクのランド及びグルーブの繰り返しは、光学的には厚さの薄い反射位相回折格子を成している。位相回折格子による回折光の電界については、古く1967年にW. R. KleinとB. D. Cookによって解析されている(小山次郎、西原浩共著「光波電子工学」第116頁-第122頁、昭和53年5月、コロナ社刊を参照)。回折された平面波光の電界の波動をz方向に伝搬する伝搬項と振幅項の積で表したとき、m次(mは0を含む正負の整数)回折光の振幅項 $\phi_m$ は、
$$\phi_m = \exp(-jmQ\alpha z / (2T)) \times J_m(4\kappa T \cdot \sin(Q\alpha z / (2T)) / (Q\alpha))$$
で表される。ここで、 $J_m$ はm次のベッセル関数、Qは格子の厚さの目安を与えるパラメータ、 $\alpha$ は格子面に対する光の入射角を表すパラメータ、 $\kappa$ は格子の位相変調の深さを表すパラメータである。上式 $\phi_m$ の第1項の指数関数の肩に掛かる $mQ\alpha z / (2T)$ は格子からz伝搬した地点でのm次回折波の電界振幅の位相を表す。平面波が格子に垂直に入射したときには $\alpha=0$ であるので、m次回折波の位相は、次数mによらず全て等しい。しかしながら、光ディスクへの入射光は、大きなNAをもつ収束光であり、また、光ヘッドがトラッククロスする場合の入射光とランド／グルーブが作る格子との成す角度は常に厳格に垂直とはいえない。従って、ランド／グルーブが作る格子による+1次の回折光と-1次の回折光の位相は異なるため、これらを直交回折格子を介して干渉させると、干渉の振幅すなわちビジビリティは1より低下し、光ディスクのランド／グルーブによる回折波の強度は低下する。なお、直交回折格子による回折では、入射する光はビームサイズが大きく平面波に近く、また回折格子への入射角は垂直であるため $\alpha=0$ に相当し、ここでの0次を含む回折光間の位相ずれは発生しない。

【0016】このように、フォーカス誤差検出4分割センサ12の手前に、直交回折格子11を設けることによって、ランド／グルーブに基づく光ディスクからの回折光の影響を減ずることができた。これによって、フォーカスセンサずれ10 $\mu$ mに対してフォーカス零クロスが2%弱の安定したものとなった。さらに、フォーカスオフセット変化に対して、ランド／グルーブの最小のビットエラーレート(BER)の値が一致した。また、「変調」の影響をうけないため安定したサーボ特性を確保できた。

【0017】上記のような、直交回折格子の格子ピッチは上記の光ヘッドの実施例では100~200 $\mu$ mと粗いため、製作は容易である。一例としてポリカーボネート等の薄板の片面に井桁の直交した位相格子を形成して

もよく、また薄板の両面に1次元位相格子を直交させて設けてもよい。

【0018】また、光ディスクのランド／グルーブに起因する回折光成分間の重ね合わせのための、格子ピッチは厳密さを要求されない。なぜならば、重ね合わせの精密な調整は、通常の非点収差光学系を構成している収束レンズ8、凹レンズ9、円筒レンズ10、4分割センサ12を調整した後、直交回折格子11のみを光軸方向に移動調整することで容易に行えるからである。

【0019】また、円筒レンズや光軸に斜めに挿入した平行平板などの非点収差を発生させる機能を司る光部品と、この2次元回折格子の機能とを複合したホログラム素子を用いれば、部品点数の削減を図ることもできる。

#### 【0020】

【発明の効果】以上、本発明のように非点収差を発生させる光学系とフォーカス誤差検出4分割センサの間に、2次元の光回折を起こす回折格子を設けることによって、ランド／グルーブに基づく光ディスクからの回折光の影響を減ずることができ、機械的安定性や温度安定性や信頼性に優れたランド／グルーブ記録用光ヘッドを得ることが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ヘッドの実施例の構成を示す。

【図2】本発明の光ヘッドの実施例を構成する2次元回折格子によるビーム分散を示す。

【図3】本発明の光ヘッドの実施例におけるフォーカスセンサに照射されるフォーカス誤差検出光ビームの構成を示す。

【図4】本発明の光ヘッドの実施例を構成するフォーカスセンサへに照射されるフォーカス誤差検出光ビームの詳細な構成を示す。

【図5】従来技術の説明に関し、ランド／グルーブ光ディスクとビームスポットの配置を示す。

【図6】従来の非点収差によるフォーカス誤差検出光学系の動作を示す図である。

【図7】従来の説明に関し、フォーカスセンサずれとフォーカス零クロスの変化を示す。

【図8】従来の説明に関し、フォーカスオフセットずれと記録再生のビットエラーレート(BER)特性を示す。

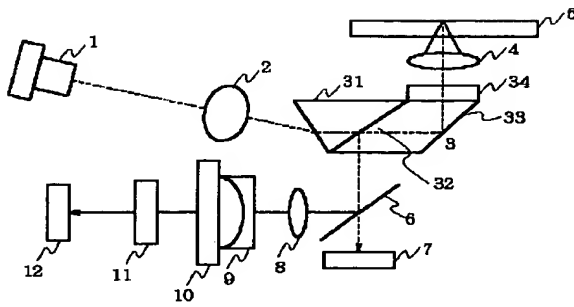
【図9】従来の非点収差によるフォーカス誤差検出光学系を構成する4分割センサ上の光分布の詳細を示す。

#### 【符号の説明】

- 1 半導体レーザ
- 2 コリメータレンズ
- 3 複合プリズム
- 4 対物レンズ
- 5 光ディスク
- 6 ハーフミラー
- 7 2分割センサ

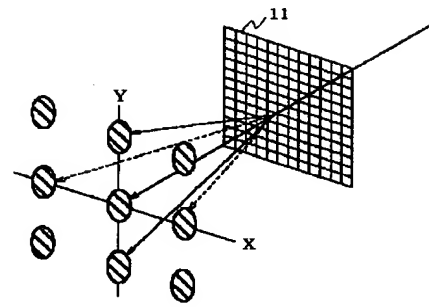
- 8 収束レンズ  
 9 凹レンズ  
 10 円筒レンズ  
 11 直交回折格子  
 12 4分割センサ  
 20 (0, 0) 光  
 21 (+1, 0) 光  
 21-a 反射回折光成分  
 21-b 反射回折光成分  
 22 (-1, 0) 光  
 22-a 反射回折光成分  
 22-b 反射回折光成分  
 23 (0, +1) 光

【図1】

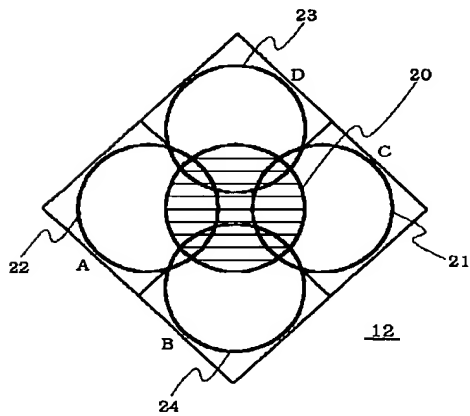


- \* 24 (0, -1) 光  
 31 楔プリズム  
 32 偏光ビームスプリッタ  
 33 45° ミラー  
 34 1/4 波長板  
 100 光ディスク基板  
 110 対物レンズ  
 120 集束レンズ  
 130 円筒レンズ  
 10 140 4分割光センサ  
 200 反射0次光  
 201 反射+1次回折光  
 \* 202 反射-1次回折光

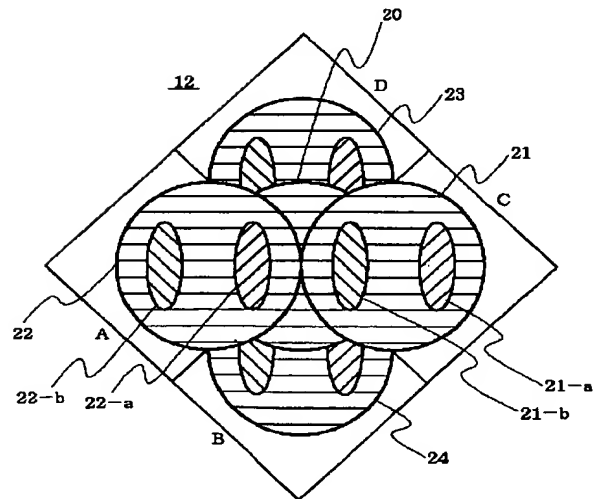
【図2】



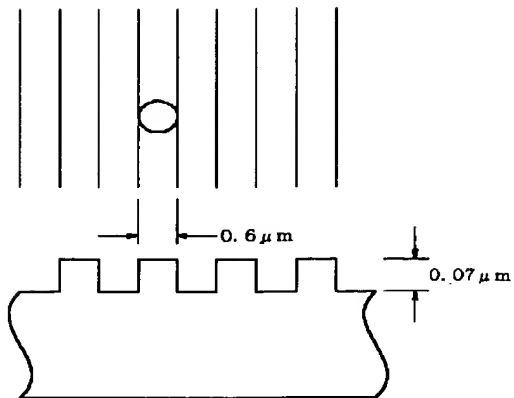
【図3】



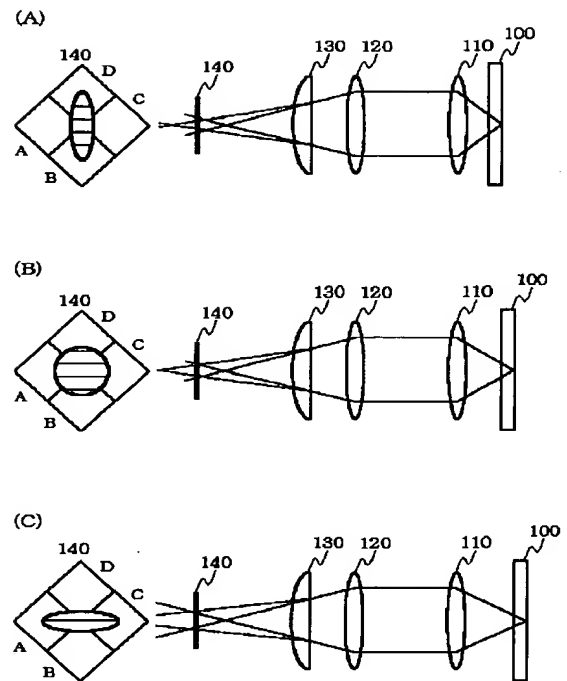
【図4】



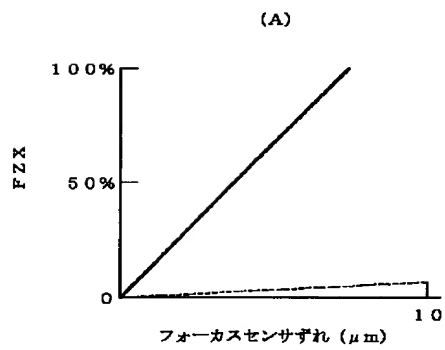
【図5】



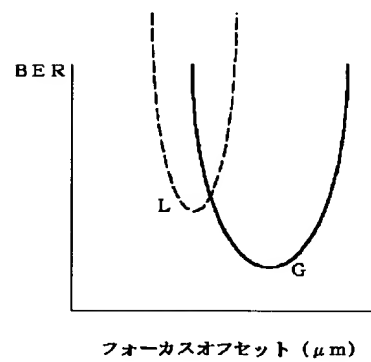
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

